

# ПРЕОДОЛЕНИЕ СОРТОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ К ВОЗБУДИТЕЛЯМ ОСНОВНЫХ БОЛЕЗНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИЗМЕНЕНИЙ МИКОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПАТОГЕНОВ

OVERCOMING THE POTATO CULTIVAR TUBER RESISTANCE BY THE AGENTS OF MAIN POTATO DISEASES IN DEPENDENCE FROM CHANGES OF MYCOLOGICAL FEATURES OF PATHOGENS

Васильченко В.В., Адамов А.А., Жигачев О.А., Смирнов А.Н.

РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева  
127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49  
E-mail: vasilcenkoviktoria16@gmail.com, tema\_adamoff@mail.ru, oleg.krip2010@yandex.ru, smirnov@timacad.ru

В различных регионах Российской Федерации картофель подвержен поражению различными болезнями, среди которых лидируют альтернариоз, фитофтороз, фузариоз. При массовом развитии потери урожая от их комплекса достигают 50–60%. Решающая роль в подавлении этих болезней должна принадлежать комплексной сортовой устойчивости. Это позволит получить высокие урожаи картофеля. Целью нашей работы является: оценить сорта картофеля с различной устойчивостью к возбудителям альтернариоза, фитофтороза и фузариоза картофеля. Сортовая устойчивость является решающим фактором в проявлении агрессивности. В ходе нашего исследования отмечены сорта, которые демонстрировали высокий уровень устойчивости (такие сорта, как Никулинский, Удача). А также отмечены сорта, у которых наблюдалось несоответствие заявленных характеристик (сорт Сантэ). Решающая роль в проявлении агрессивности принадлежит propagulam патогена. При высокой концентрации во всех изучаемых опытах отмечался высокий уровень агрессивности. В данной статье рассматривается понятие об агрессивности фитопатогенов — применительно к *Phytophthora infestans*, *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum*. Исследовали влияние на проявление агрессивности на клубневых дисках таких факторов как сорт, способ заражения, а также концентрация зооспорангиев и конидий. В наименьшей степени агрессивность патогенов проявлялась на клубневых дисках сорта Никулинский. Максимальное поражение клубневых дисков зарегистрировали при заражении конидиями и клamidоспорами возбудителя фузариоза картофеля на сорте Аврора. По результатам своей работы мы рекомендуем использовать сорта с высокой полевой устойчивостью, такие как Никулинский, Удача, проводить оценку популяций картофельных патогенов.

**Ключевые слова:** фитофтороз картофеля, альтернариоз картофеля, агрессивность, фузариоз картофеля, *Phytophthora infestans*, *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum*.

**Для цитирования:** Васильченко В.В., Адамов А.А., Жигачев О.А., Смирнов А.Н. ПРЕОДОЛЕНИЕ СОРТОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ К ВОЗБУДИТЕЛЯМ ОСНОВНЫХ БОЛЕЗНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИЗМЕНЕНИЙ МИКОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПАТОГЕНОВ. *Аграрная наука*. 2019;(3): 69–72.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-3-69-72>

Вредоносность и развитие болезней определяются взаимоотношениями между патогеном и растением-хозяином, происходящими при действии обусловленных условий внешней среды и иммунного статуса растения хозяина. Одни и те же факторы разнообразно влияют на паразита и хозяина. Они могут быть подходящими для одного и вредными — для другого. Успех заражения зависит от количества и качества инфекционного начала, которое позволяет преодолеть иммунную систему куль-

Vasilchenko V.V., Adamov A.A., Djigachev O.A., Smirnov A.N.

Russian Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy  
Timiryazev street — 49 Moscow 127550 Russia  
E-mail: vasilcenkoviktoria16@gmail.com, tema\_adamoff@mail.ru, oleg.krip2010@yandex.ru, smirnov@timacad.ru

At different regions of Russia, potato crop is affected with different diseases, late blight, early blight, fusariosis are prevailing among them. Potato losses caused with these diseases go to 50–60%. Leading role at their suppression should be associated with complex cultivar resistance. It provides good potato yields. Aim of our investigation is an estimation of potato cultivars with different resistance to the agents of potato late blight, early blight and fusariosis. Cultivar resistance is principal factor at pathogen aggressiveness manifestation. Our investigation revealed potato cultivars with high leveled tuber resistance (Nikulinsky, Udacha). Also some cultivars (Sante) inappropriate to manifested characteristics. Pathogen propagules were found to be the primary factor influencing the pathogen aggressiveness manifestation. A high their concentration provides a high leveled aggressiveness. Currently, aggressiveness of *Phytophthora infestans*, *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* was investigated depending from cultivar, kind of inoculation and concentration of zoosporangia and conidia. Tuber disks of potato cultivar Nikulinsky were affected with all pathogens at minimal level. Tuber disks of potato cultivar Avrora were affected with *Fusarium oxysporum* conidia and chlamydospores at maximal level. According to the data obtained, potato cultivars with high leveled field resistance such as Nikulinsky, Udacha should be practically used with joint assessment of populations of potato pathogens.

**Key words:** potato late blight, potato early blight, potato fusariosis, aggressiveness, *Phytophthora infestans*, *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum*.

**For citation:** Vasilchenko V.V., Adamov A.A., Djigachev O.A., Smirnov A.N. OVERCOMING THE POTATO CULTIVAR TUBER RESISTANCE BY THE AGENTS OF MAIN POTATO DISEASES IN DEPENDENCE FROM CHANGES OF MYCOLOGICAL FEATURES OF PATHOGENS. *Agrarian science*. 2019;(2):69–72. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-3-69-72>

турного растения, а также от того, насколько условия среды влияют на повышение агрессивности фитопатогена, способствуют проникновению в ткани культурного растения и уменьшают устойчивость растительного организма.

В свою очередь, агрессивность патогена, как отражение краткосрочной жизнеспособности может служить первым решающим фактором в взаимодействии паразит-хозяин. Вторым решающим фактором является спо-

способность растения противостоять патогену, это обычно происходит за счет сортовой устойчивости.

Отмечено, что от способности культурного растения противостоять патогену зависит развитие патологического процесса. На последних этапах в зависимости от того устойчив сорт или восприимчив происходит изменения в клетках культурного растения. Если сорт восприимчив, то патоген, внедрившись в клетку, питается за счет растения. Клетка продолжает функционировать. Если же растение устойчиво к патогену, то клетка после внедрения погибает, поэтому у некоторых устойчивых сортов некрозы выражены более отчетливо, чем у восприимчивых сортов.

С этими факторами связывают развитие фузариоза, альтернариоза и фитофтороза картофеля. Возбудители этих болезней картофеля имеют разную патогенность и специализацию, но обладают в равной степени к смешенному заражению картофеля различных сортов. Сорта с комплексным иммунитетом способны решить проблему защиты картофеля сразу от нескольких патогенов. На данный момент тенденция в селекции картофеля на устойчивость клубней с комплексным иммунитетом только развивается, и отмечено только несколько сортов с такой устойчивостью (Удача, Никулинский и другие). Сорта картофеля с комплексным иммунитетом к этим опасным заболеваниям могут существенно снизить вредоносность и встречаемость этих заболеваний (Issiakhem F., Bouznad Z., 2010).

### Материалы и методы

Опыт был заложен в 2019 году на кафедре Защиты растений (сектор фитопатологии) РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. В опыте изучали 8 различных сортах картофеля с различной устойчивостью к фитофторозу по клубням: Жуковский ранний (восприимчив), Удача (устойчив), Ред Скарлетт (умеренно-восприимчив) Никулинский (устойчив), Голубизна (умеренно-восприимчив), Фаворит (относительно устойчив), Сантэ (устойчив), Аврора (умеренно-восприимчив). Также оценивали сорта на клубневую устойчивость к альтернариозу картофеля и фузариозу картофеля. Устойчивость сорта на устойчивость к альтернариозу и фузариозу при заявке в Государственную сортовую комиссию не является основным фактором для регистрации сорта, так массовость данных заболевания не была настолько высока, как в последние годы.

Картофельные диски помешали в чашки Петри, создавая условия влажной камеры. Готовили смыв культуры с чашки Петри *Phytophthora infestans*, *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* доводя до 20 000 зооспорангиев/мл воды, конидий/мл воды, конидий и хламидоспор/мл воды, соответственно. В далее суспензию зооспорангиев помешали в стрессовые условия (воздействие низких температур) для выхода зооспор. Затем часть суспензии зооспор *P. infestans* смешивали с конидиями *A. alternata* в максимальных концентрациях и отдельно

Таблица 1.

Средние значения Итогового индекса агрессивности при инокуляции клубневых дисков в различных вариантах

Сорта картофеля (А)	ИИА при различных разведениях (С)					Вариант заражения
	max (C1)	1/2 (C2)	1/4 (C3)	1/8 (C4)	1/16 (C5)	
Жуковский ранний (А1)	0,78	0,7	0,7	0,7	0,18	<i>P. infestans</i> (B1)
	3,45	1,1	1,1	1,1	0,125	<i>A. alternata</i> (B2)
	1,53	0,89	0,88	0,59	0,57	<i>P. infestans</i> и <i>A. alternata</i> (B3)
	5,5	3	2,63	2,63	1,5	<i>Fusarium oxysporum</i> (B4)
Удача (А2)	0,52	0,5	0,35	0,3	0,05	<i>P. infestans</i> (B1)
	0,11	0,05	0,05	0,04	0,02	<i>A. alternata</i> (B2)
	1,19	0,8	0,28	0,14	0,04	<i>P. infestans</i> и <i>A. alternata</i> (B3)
	0,29	0,17	0,13	0,13	0,125	<i>Fusarium oxysporum</i> (B4)
Ред Скарлетт (А3)	0,51	0,49	0,42	0,4	0,39	<i>P. infestans</i> (B1)
	2,5	1,58	1,06	0,78	0,64	<i>A. alternata</i> (B2)
	1,25	1,1	0,85	0,72	0,34	<i>P. infestans</i> и <i>A. alternata</i> (B3)
	0,33	0,33	0,33	0,17	0,11	<i>Fusarium oxysporum</i> (B4)
Никулинский (А4)	0,36	0,098	0,05	0,03	0,028	<i>P. infestans</i> (B1)
	0,1	0,03	0,03	0,03	0,01	<i>A. alternata</i> (B2)
	0,056	0,051	0,04	0,033	0,033	<i>P. infestans</i> и <i>A. alternata</i> (B3)
	0,84	0,67	0,17	0,17	0,17	<i>Fusarium oxysporum</i> (B4)

для заражения зооспорами *P. infestans*, конидиями *A. alternata*, конидиями и хламидоспорами *F. oxysporum*. Далее суспензии разбавляли и инокуляцию производили в концентрациях: 1 (макс)-1/2-1/4-1/16.

Инокулирование производили в течение 5 суток для вариантов. На протяжении инокуляции определяли основные компоненты агрессивности. Затем их усредняли и далее в каждом из вариантов определяли итоговый индекс агрессивности. Для подсчета итогового индекса агрессивности определяли в течение инокуляции:

1. Размер некроза (РН). Определяли в баллах: 1 — до 10% поверхности клубня подвержено некротизации; 2 — от 11 до 30%; 3 — от 31 до 60%; 4 — от 61 до 90%; 5 — от 91 до 100%. Оценивали визуальным методом.

2. Интенсивность спороношения (ИС). Определяли в баллах: 1 — до 10% поверхности клубня покрыто спороношением; 2 — от 11 до 30%; 3 — от 31 до 60%; 4 — от 61 до 90%; 5 — от 91 до 100%. Оценивали визуальным методом.

3. Инкубационный период (ИП). Это период от заражения до появления признаков фитофтороза, альтернариоза. Измеряется в сутках. Фиксировали для каждой повторности варианта и усредняли.

4. Латентный период или период споруляции (ЛП). Это период от заражения до появления мицелия. Измеряется в днях. Фиксировали для каждой повторности варианта и усредняли.

После определения и усреднения полученных данных по вариантам подсчитывали итоговый индекс агрессивности (ИИА)

$$\text{ИИА} = (\text{РН} * \text{ИС}) / (\text{ИП} * \text{ЛП})$$

Всего 160 вариантов опыта в четырехкратной повторности. Статистический анализ проводили, как дисперсионный трехфакторный анализ. Оценивали факторы: сорт, вариант заражения (инфекционные структуры),

Таблица 2.

Средние значения Итогового индекса агрессивности при инокуляции клубневых дисков в различных вариантах

Сорта картофея (А)	ИИА при различных разведениях (С)					Вариант заражения
	max (С1)	1/2 (С2)	1/4 (С3)	1/8 (С4)	1/16 (С5)	
Голубизна (А5)	1,56	1	0,91	0,45	0,33	<i>P. infestans</i> (B1)
	2,8	1,67	1,41	0,91	0,25	<i>A. alternata</i> (B2)
	1,9	1,89	1,52	0,91	0,41	<i>P. infestans</i> и <i>A. alternata</i> (B3)
	0,44	0,39	0,38	0,33	0,29	<i>Fusarium oxysporum</i> (B4)
Фаворит (А6)	2,78	1,06	1,05	0,15	0,1	<i>P. infestans</i> (B1)
	0,19	0,19	0,16	0,03	0,01	<i>A. alternata</i> (B2)
	1,56	0,9	0,71	0,66	0,6	<i>P. infestans</i> и <i>A. alternata</i> (B3)
	1,6	0,33	0,25	0,14	0,13	<i>Fusarium oxysporum</i> (B4)
Сантэ (А7)	6,25	3,42	2,45	1,49	1,09	<i>P. infestans</i> (B1)
	1,57	1,13	0,59	0,29	0,4	<i>A. alternata</i> (B2)
	2,4	1,38	0,69	0,66	0,61	<i>P. infestans</i> и <i>A. alternata</i> (B3)
	1,1	0,29	0,29	0,2	1,1	<i>Fusarium oxysporum</i> (B4)
Аврора (А8)	1,41	1,08	0,65	0,45	0,41	<i>P. infestans</i> (B1)
	1,45	0,86	0,86	0,51	0,2	<i>A. alternata</i> (B2)
	2,2	1,75	1,31	1,02	0,51	<i>P. infestans</i> и <i>A. alternata</i> (B3)
	12,5	12,5	6,13	5,13	1,33	<i>Fusarium oxysporum</i> (B4)

концентрацию. Решающим фактором выбрали сортовую устойчивость (фактор А), фактор В — различные варианты заражения и фактор С — концентрация инокулята.

### Результаты

Данные по интегральным показателям агрессивности *P. infestans*, *A. alternata*, *F. oxysporum* на клубневых дисках картофеля разных сортов представлены в таблицах 1, 2.

В результате полученных данных было установлено, что наибольший индекс агрессивности был при заражении сорта Аврора инфекционными структурами *F. oxysporum* в максимальной концентрации.

Наименьший индекс агрессивности присутствовал при заражении устойчивого сорта Никулинский конидиями *A. alternata* во всех концентрациях (рис. 1).

При заражении зооспорами *P. infestans* наибольший индекс агрессивности был зафиксирован у сорта Сантэ в максимальной концентрации, при этом сорт заявлен, как устойчивый сорт по клубням к фитофторозу картофеля, что в нашем опыте не было подтверждено. Наименьший индекс агрессивности был зафиксирован при заражении сорта Никулинский в концентрации 1/16.

При заражении конидиями *A. alternata* наибольший индекс агрессивности был отмечен при инокулировании сорта Жуковский ранний в максимальной концентрации. Также при заражении данного сорта конидиями данного патогена отмечались одинаковые проявления индекса при концентрациях 1/2 — 1/4 — 1/8.

При заражении смесью зооспор *P. infestans* и конидий *A. alternata*, как уже отмечалось, был зафиксирован самый высокий индекс агрессивности на сорте Голубизна при максимальном заражении. Наименьший — при заражении сорта Никулинский в минимальной концентрации — 1/16. Данный сорт подтвердил заявленные характеристики, касающиеся комплексной устойчивости клубней к комплексу патогенов.

При инокулировании конидиями и хламидоспорами *F. oxysporum* были зафиксированы самые высокие индексы агрессивности. Отмечалось, на всех сортах при любых концентрациях, кроме сорта Никулинский, инкубационный и латентный период зафиксированы на 2 сутки после инокуляции. Наибольший итоговый индекс агрессивности был зафиксирован при инокулировании сорта Аврора в максимальной концентрации (рис. 2). Наименьший индекс агрессивности — при инокулировании сорта Ред Скарлетт в концентрации 1/16. В целом

При инокулировании конидиями и хламидоспорами *F. oxysporum* были зафиксированы самые высокие индексы агрессивности. Отмечалось, на всех сортах при любых концентрациях, кроме сорта Никулинский, инкубационный и латентный период зафиксированы на 2 сутки после инокуляции. Наибольший итоговый индекс агрессивности был зафиксирован при инокулировании сорта Аврора в максимальной концентрации (рис. 2). Наименьший индекс агрессивности — при инокулировании сорта Ред Скарлетт в концентрации 1/16. В целом

Рис. 1. Инокулирование сорта Никулинский конидиями *A. alternata* на 5 суток

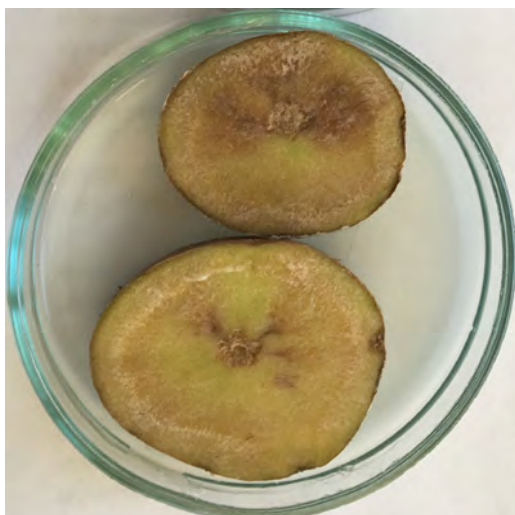


Рис. 2. Инокулирование сорта Аврора конидиями и хламидоспорами *F. oxysporum* на 5 суток



Таблица 3.

Статистический анализ Итогового индекса агрессивности при инокуляции клубневых дисков картофеля

Фактор А (сорт)				
A1 (Жуковский ранний)	A2 (Удача)	A3 (Ред скарлетт)	A4 (Никулинский)	
1,51	0,27	0,72	0,15	
A5 (Голубизна)	A6 (Фаворит)	A7 (Сантэ)	A8 (Аврора)	
0,99	0,7	1,3	2,6	
Фактор В (инфекционные структуры)				
V1	V2	V3	V4	
( <i>P. infestans</i> )	( <i>A. alternata</i> )	( <i>P. infestans</i> и <i>A. alternata</i> )	( <i>Fusarium oxysporum</i> )	
0,97	0,9	0,98	1,56	
Фактор С (концентрация)				
C1 (1 мак)	C2(1/2)	C3 (1/4)	C4 (1/8)	C5(1/16)
1,99	1,36	0,97	0,66	0,39
HCP05	Fфак	F05	Различия	
По фактору А=0,35	91,2	2,03	Существенное	
По фактору В=0,5	43,7	2,62	Существенное	
По фактору С=0,44	79,1	2,39	Существенное	
Взаимодействие АС=0,35	7,7	1,49	Существенное	
Взаимодействие ВС=0,35	4,1	1,78	Существенное	
Взаимодействие АВ=0,45	72,3	1,6	Существенное	
Взаимодействие СВА	6,94	1,28	Существенные	
HCP 05 для частных различий=1,0				

данный сорт во всех вариантах заражения показывал промежуточные индексы агрессивности. Также отмечалось, что у сорта Удача при инокулировании данными инфекционными структурами отмечалось наименьшее проявление агрессивных свойств патогена, что подтверждает характеристики сорта, как устойчивого к комплексу болезней клубней. В целом, данный сорт имел средние показатели итогового индекса агрессивности по сравнению с другими сорта и уступал только сорту Никулинский.

По данным статистического анализа опыт имеет различия по всем вариантам и их взаимодействиям. Данные представлены в таблице 3.

### Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что в наименьшей степени агрессивность *P. infestans*, *A. alternata*, *F. oxysporum* проявлялась на клубневых дисках сорта Никулинский. Максимальное поражение клубневых дисков зарегистрировали при заражении сорта Аврора конидиями и хламидоспорами *F. oxysporum*, зооспорангиями возбудителя фитофтороза и конидиями возбудителя альтернариоза, минимальное — конидиями возбудителя альтернариоза сорта Никулинский. Наибольшее заражение клубневых дисков наблюдали при максимальных концентрациях инокулюма всех патогенов.

### REFERENCES

1. Issiakhem F., Bouznad Z. In vitro evaluation of difenoconazole and chlorothalonil on conidial germination and mycelial growth of

*Alternaria alternata* and *A. solani* causal agent of early blight in Algeria PPO — Special Report, no14. — 2010. — P.297–303.

### ОБ АВТОРАХ:

**Васильченко В.В.**, аспирант  
**Адамов А.А.**, студент  
 Жигачев О.А., студент  
**Смирнов А.Н.**, доктор биологических наук, профессор

### ABOUT THE AUTHORS:

**Vasilchenko V.V.**, graduate student  
**Adamov A.A.**, Student  
**Djigachev O.A.**, Student  
**Smirnov A.N.**, Dr. Sc., Professor